

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001397

International filing date: 11 February 2005 (11.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 008 521.8  
Filing date: 20 February 2004 (20.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 April 2005 (27.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

10 2004 008 521.8

**Anmeldetag:**

20. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:**

Testo AG, 79853 Lenzkirch/DE;  
Dipl.-Ing. Martin Donath,  
18211 Ostseebad Nienhagen/DE.

Erstanmelder: Testo AG,  
79853 Lenzkirch/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Anordnung zum Bestimmen des  
Wärmeanschlusswertes eines Gebäudes

**IPC:**

G 01 K 17/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. April 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

## Beschreibung

**Verfahren und Anordnung zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes eines Gebäudes**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes eines durch eine Heizanlage beheizten Gebäudes, wobei die Heizanlage abgaserzeugend durch Brennstoff befeuert wird und beim Gebäude eine Außentemperatur sowie eine Innentemperatur auftritt.

10

Rationelle Energieanwendung ist aus ökonomischer und ökologischer Sicht dringend geboten. Energie sparen ist daher eine Maßnahme sowohl zur Kostensenkung als auch zum Schutz der Umwelt und kann entweder durch Verzicht auf Energie oder durch intelligente technische Lösungen erreicht werden. Das energie- und umwelttechnische Verhalten von Heizkesseln ordnet sich streng in diesen Themenkreis ein. Die von den Herstellern der Heizkessel genannten Wirkungsgrade weichen allerdings in vielen Fällen von den im praktischen Betrieb erreichten Nutzungsgraden stark ab.

15

20

25

30

Eine Ursache liegt u. a. darin, dass aus einem verkehrt verstandenen "Sicherheits- bzw. Komfortbedürfnis" derartige Anlagen vielfach zu groß ausgelegt wurden. Dies betrifft nicht nur private Anlagen, sondern in starkem Maße auch öffentliche und kommerziell genutzte Gebäude. Die Folge der Überdimensionierung ist, dass die wärmetechnischen Anlagen während der größten Zeit der Heizperiode in unwirtschaftlichen Teillastsituationen betrieben werden. Ausgehend von dieser unbefriedigenden Situation besteht das Bedürfnis, zur Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes den tatsächlichen Wärme-

bedarf vom zu beheizenden Gebäude zu erfassen, um dann die Heizanlage optimal darauf abstimmen zu können.

5 Bisher wird bei der Berechnung der Energieeffizienz bei der Beheizung eines Gebäudes in der Regel folgendermaßen verfahren: Das energetisch zu bewertende Gebäude wird seinem Entstehungsjahr entsprechend einer Typologie zugeordnet. Aus Plänen oder einer Begehung erfolgt die Flächenerhebung zur Ermittlung der Gebäudegeometrie. Durch Vergleich mit Pauschalwerten aus einem Bauteilkatalog werden die zugehörigen  
10 Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt. Auf diesen Daten werden mittels vorhandener Softwareprogramme die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste und daraus der Heizwärmebedarf berechnet. Die Anlageneffizienz wird auf der Grundlage eines  
15 Heizsystemkatalogs berechnet, wobei in der Bewertung aus der verwendeten Anlagentechnik und dem Baujahr auf die Energieeffizienz geschlossen wird. Aus den so ermittelten Daten wird die Gesamtbilanz hinsichtlich Endenergiebedarf, Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emission aufgestellt und das Gebäude in ei-  
20 ne Bewertungsskala eingeordnet.

Dieses Verfahren ist aufgrund der teilweise subjektiven Bewertungsfaktoren umstritten, so dass sich das Erfordernis nach einem Verfahren ableitet, das auf objektiver Grundlage  
25 beruht.

Die Energieeffizienz einer Heizungsanlage ist um so mehr vom Optimum entfernt, je mehr die installierte Leistung vom Gebäudeanschlusswert (Überdimensionierung) abweicht. Deshalb  
30 hat die Bestimmung des Gebäudeanschlusswertes eine zentrale Funktion in der Verbesserung der Energieeffizienz. Der Gebäudeanschlusswert ist im Falle einer Beheizung die maximale Wärmeverlustleistung des Gebäudes und wird gemäß der Vor-

schrift DIN 4701/VDI 2067 für die tiefste örtliche statistisch gültige Außentemperatur berechnet.

Heizungsanlagen werden auf diesen Wärmeanschlusswert konfiguriert bzw. technisch ausgelegt. Die installierte Leistung (Nennleistung) reicht aus, um bei kontinuierlichem Vorherrschen der Auslegungstemperatur unter Berücksichtigung der Windverhältnisse die Transmissions- und Lüftungsverluste des Gebäudes auszugleichen. Die für die Bereitstellung von Warmwasser notwendige Leistung wird hinzu addiert. Das spezifische Nutzerverhalten wird dabei im allgemeinen nicht berücksichtigt.

Für die messtechnische Bestimmung des Anschlusswertes werden bereits vereinzelt Verfahren angewendet, die mittels Messung des Wärmestromes diesen Anschlusswert errechnen, aber damit noch keine Aussage über die Optimierung einer Anlage ermöglichen. Weiterhin sind Verfahren zum Patent angemeldet, die z.T. die Brennstoffarbeit des Kessels in den Berechnungsgang integrieren. Bei diesen Verfahren wird jedoch das durch das Takten oder Modulieren des Kessels verursachte instationäre Verhalten einer Heizungsanlage nicht oder unzureichend betrachtet. Dieses instationäre Verhalten tritt auf, wenn die Leistungsanforderung unterhalb der installierten Leistung liegt und determiniert so die Schere zwischen tatsächlichem Nutzungsgrad und dem vom Hersteller definiertem bzw. durch Abgasanalysegeräte punktuell gemessenem Wirkungsgrad.

Aus der DE 3 730 529 A1 ist ein Verfahren zur Messung einer durch das Verhältnis von Soll-Auslastung zur Ist-Auslastung definierten Dimensionskennzahl eines Heizaggregats einer Heizungsanlage bekannt, bei der durch Messung der Soll-Auslastung mittels Messung der Außentemperatur in konstanten

Zeitintervallen unter Bildung eines Mittelwertes und Multiplikation mit einem Klimafaktor sowie durch gleichzeitige Messung der Ist-Auslastung durch fortlaufende Messung der Einschaltdauer des Heizaggregates im Verhältnis zur vorgegebenen Mindestmesszeit der Wärmebedarf bestimmt wird. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass ein sogenannter "Messkessel" erforderlich ist, der einen hohen Installationsaufwand erfordert.

10 Aus der DE 6 326 281 C2 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Ermittlung der Wärmemenge durch einen im Einsatz befindlichen Wärmeerzeuger erfolgt, der einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Dabei wird ein Beobachtungszeitraum in einzelne Messzeiträume unterteilt und die Soll-Betriebsstundenzahl des  
15 Wärmeerzeugers mit hohem Wirkungsgrad auf den Messzeitraum als Funktion der Außentemperatur bezogen. Die Wärmemenge, die der im Einsatz befindlichen Wärmeerzeuger im Beobachtungszeitraum an das beheizte Objekt abgibt, wird dann aus dessen Nennleistung unter Berücksichtigung des Kesselwirkungsgrades,  
20 der Bereitschaftsverluste sowie aus der Ist-Betriebsstundenzahl errechnet. Die Nennleistung wird wiederum für einen auf den Wärmebedarf abgestimmten Wärmeerzeuger mit Hilfe des Quotienten aus Ist-Betriebsstundenzahl und Soll-Betriebsstundenzahl bestimmt. Dieses Verfahren benötigt zwar keine so star-  
25 ken Eingriffe in das Heizungssystem wie bei der oben genannten DE 3 730 529 A1, jedoch wird von zahlreichen Annahmen ausgegangen, die sich lediglich auf einen Durchschnittsfall beziehen, so dass der ermittelte Wärmebedarf vom tatsächlichen Wärmebedarf wiederum stark abweichen kann. So wird zum  
30 Beispiel nur der vom Hersteller einmalig ermittelte Kesselwirkungsgrad zugrunde gelegt.



Aus der DE 162 581.9 ist ein Verfahren bekannt, bei dem zeitabhängig die Außentemperatur und zeitabhängig eine für eine Energieabgabe der Wärmequelle an das Heizungssystem charakteristische Größe gemessen wird und aus den gemessenen Werten der Nennwärmebedarf berechnet wird. Die Berechnung der Energieabgabe der Wärmequelle beruht jedoch ebenfalls auf verschiedenen Annahmen, die eine genaue Bestimmung der tatsächlichen Energieabgabe verfälschen.

10 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die diese Nachteile nicht aufweisen.

15 Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie durch eine Anordnung gemäß Patentanspruch 23. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

20 Vorteil der Erfindung ist es, dass der tatsächliche Nutzungsgrad insbesondere in Abhängigkeit vom jeweiligen Nutzerverhalten in die Berechnungen der von der Heizungsanlage an das Gebäude abgegebenen Wärmearbeit eingeht. Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zu Grunde, dass der Wirkungsgrad über der Zeit stark schwanken kann. Bei der vorliegenden Erfindung wird nun der Wirkungsgrad über der Zeit exakt erfasst und mit den synchron dazu gemessenen Größen über einen bestimmten Beobachtungszeitraum hinweg ausgewertet. Auf diese Weise wird eine weitgehende Unabhängigkeit des ermittelten Wärmeanschlusswertes von dynamischen Einflüssen erreicht. Der erfindungsgemäß ermittelte Wärmeanschlusswert ist daher deutlich  
30 genauer als bei allen bekannten Verfahren.

Mit der Berücksichtigung des Nutzungsgrades gemäß der Erfindung kann eine korrekte Bestimmung des Anschlusswertes und weiterführend der Energieeffizienz einer Heizungsanlage vorgenommen werden, wenn die momentane Brennstoffleistung in die Berechnung einbezogen wird. Aus dem Wärmeanschlusswert kann der Jahresheizwärmebedarf errechnet werden. In Weiterführung der Berechnung kann dann auch der Jahresprimärenergiebedarf aus den eingesetzten Energieträgern ermittelt werden.

10 Der erfindungsgemäße System zeichnet sich gegenüber den bekannten Verfahren wie folgt aus:

- Das System kann mobil ausgeführt werden und arbeitet ohne Eingriff in die Anlage selbst.
- 15 - Die installierte Anlagentechnik (z. B. Kessel) wird mittels Sensoren als Datenquelle genutzt.
- Im Falle der autarken Beheizung des Gebäudes mit einem Kessel erfolgt aus der differenzierten Analyse der Zahl und Art der Startvorgänge und Teillastsituationen des Heizkessels mittels diskreten Momentaufnahmen die rechnerische Ermittlung des Nutzungsgrades.
- 20 - Das System bietet auch die Möglichkeit, konkrete Angaben über die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste des Gebäudes und die durch das Nutzerverhalten bedingten Wärmeverluste zu erhalten.
- 25 - Die Berechnung des Jahresenergieverbrauchs auf der Basis des messtechnisch ermittelten Wärmeanschlusswertes ermöglicht die Bereitstellung von objektiven Kennzahlen für die Erstellung eines Energiepasses.
- 30 - Das Verfahren ermöglicht die Bewertung der Anlage hinsichtlich der Optimierung des Betriebsverhaltens, der Verbesserung der Anlagenkonfiguration und der Veränderung des Nutzerverhaltens.



- Das System ist im Hinblick auf künftige Anforderungen bei der Gebäudediagnostik durch Integration weiterer Messgrößen bzw. die Verarbeitung und Interpretation von Messdaten erweiterbar.

5

Die Einbeziehung des instationären Verhaltens des Kessels zur Ermittlung des Wärmeanschlusswertes durch entsprechende Messtechnik und Berechnungsverfahren bietet also einen erheblichen Genauigkeitsgewinn. Erreicht wird dies im einzelnen durch die folgenden Schritte:

10

- Es werden Brennstoffleistung, Innentemperatur (beispielsweise konstant) und Verbrennungslufttemperatur (beispielsweise konstant und/oder gleich der Innentemperatur) jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum von bestimmter Beobachtungsdauer ermittelt, d. h. angenommen, berechnet oder gemessen. Danach werden Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum von bestimmter Beobachtungsdauer gemessen.
- Durch eine zeitabhängige (insbesondere echtzeitabhängige, d. h. exakt synchrone) Messung der genannten Größen ist eine eindeutige zeitliche Zuordnung der einzelnen Größen zueinander gegeben, so dass daraus errechnete Größen wie etwa der Wirkungsgrad der Heizanlage ebenfalls zeitabhängig, das heißt jedem einzelnen Zeitpunkt und/oder denselben Zeitpunkten zuordenbar, errechnet werden können.

15

20

25

- Der Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit wird aus den zeitabhängigen Größen Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Verbrennungslufttemperatur in dem Beobachtungszeitraum sowie ggf. anderen Größen wie etwa vom Brennstoff abhängige Parameter berechnet, so dass ein Verlauf des Wirkungsgrades über der Zeit erhalten wird. Zusätzlich können

30

auch noch weitere Parameter wie z. B. CO-Konzentration etc. ebenfalls gemessen und zur Berechnung herangezogen werden.

Des Weiteren wird aus dem Verlauf der Außentemperatur über  
5 der Zeit die mittlere Außentemperatur im Beobachtungszeitraum  
ermittelt. Aus dem Verlauf des Wirkungsgrades der Heizanlage  
über der Zeit und der Brennstoffleistung über der Zeit wird  
eine bei der mittleren Außentemperatur erzeugte mittlere  
Heizarbeit ermittelt. Damit erhält man eine Aussage darüber,  
10 bei welcher mittleren Außentemperatur welche mittlere Heizar-  
beit erzeugt wurde.

Aus der mittleren Heizarbeit bei der mittleren Außentempera-  
tur im Beobachtungszeitraum wird eine bei einer minimalen Au-  
15 ßentemperatur (z. B. tiefstes Zweitagesmittel) zu erzeugende  
maximale Heizarbeit unter Berücksichtigung der Innentempera-  
tur in dem Beobachtungszeitraum bzw. einer vorgegebenen In-  
nentemperatur bestimmt. Durch Hochrechnen der mittleren Heiz-  
leistung bei einer mittleren Außentemperatur auf eine maxima-  
20 le Heizleistung bei einer minimalen Außentemperatur wird  
praktisch eine Normierung erzielt, so dass die maximale Heiz-  
leistung mit anderen Werten vergleichbar wird. Ein üblicher  
Wert für die minimale Außentemperatur ist  $-15^{\circ}\text{C}$ , wobei als  
maximal zulässige Außentemperatur, bei der die Bestimmung des  
25 Wärmeanschlusswertes noch sinnvoll ist, beispielsweise  $12^{\circ}\text{C}$   
angenommen wird.

Der Wärmeanschlusswert (Leistungswert) der Heizungsanlage  
wird schließlich aus der maximalen Heizarbeit und der Beo-  
30 bachtungsdauer errechnet. Dieser ist aufgrund der streng syn-  
chronen zeitabhängigen Messwerterfassung und deren Auswertung  
sehr genau.

Als Abgaskonzentrationsparameter kann bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren die Kohlenstoffdioxidkonzentration im Abgas oder die Sauerstoffkonzentration im Abgas zu Grunde gelegt werden. Beide sind leicht mit herkömmlicher Messtechnik zu bestimmen.

Die Ermittlung des Wirkungsgrades  $\eta_K$  der Heizanlage wird z.B. bevorzugt anhand der Gleichung

$$\eta_K = 1 - (\text{Koeff}_A / (21 - K_{O_2, \text{ist}}) + \text{Koeff}_B) \cdot (T_{\text{Abgas, ist}} - T_{\text{VLuft, ist}})$$

vorgenommen. Dabei steht  $K_{O_2}$  für die aktuelle Sauerstoffkonzentration im Abgas,  $T_{\text{Abgas, ist}}$  für die aktuelle Abgastemperatur,  $T_{\text{VLuft, ist}}$  für die aktuelle Verbrennungslufttemperatur und  $\text{Koeff}_A$ ,  $\text{Koeff}_B$  für brennstoffabhängige die Brennstoffleistung charakterisierende Koeffizienten. Bei Verwendung von beispielsweise Öl oder Gas als Brennstoff liegt der Koeffizient  $\text{Koeff}_A$  zwischen 0,63 und 0,68 und der Koeffizient  $\text{Koeff}_B$  zwischen 0,007 und 0,0011. Die Berechnung des Wirkungsgrades kann dabei auf verschiedene Weise erfolgen und ist insbesondere länderspezifisch. Während die obige Gleichung in Deutschland angewandt wird, erfolgt die Berechnung in Großbritannien folgendermaßen:

$$\eta_K = 100 - (K_{gr} (T_{\text{Abgas, ist}} - T_{\text{VLuft, ist}}) / K_{CO_2, \text{ist}}) + (X (2488 + 2,1 \cdot T_{\text{Abgas, ist}} - 4,2 \cdot T_{\text{VLuft, ist}}) / (1000 \cdot Q_{gr}),$$

wobei  $K_{gr}$ ,  $X$  und  $Q_{gr}$  brennstoffspezifische Parameter sind. Ein allgemeiner Ansatz (sogenannte Siegert-Formel) lautet wie folgt:

$$\eta_K = 100 - (f((T_{\text{Abgas, ist}} - T_{\text{VLuft, ist}}) / K_{CO_2, \text{ist}}))$$

wobei hier  $f$  ein brennstoffspezifischer Parameter ist. Bei sämtlichen gezeigten und nicht gezeigten Gleichungen zur Berechnung des Wirkungsgrades kann selbstredend die Kohlendioxidkonzentration durch eine entsprechend umgerechnete Sauerstoffkonzentration und umgekehrt ersetzt werden.

Die mittlere Heizarbeit kann aus dem über dem Beobachtungszeitraum integrierten Produkt aus Brennstoffleistung über der Zeit und Wirkungsgrad über der Zeit ermittelt werden. Vereinfacht kann entsprechend beispielsweise folgende Gleichung angewandt werden:

$$Q_{\text{Heiz,mittel}} = Q_{\text{Br,ist}} \cdot \eta_K \cdot \tau$$

Die maximale Heizarbeit kann nun aus der mittleren Heizarbeit zu

$$Q_{\text{Heiz,max}} = Q_{\text{Heiz,mittel}} \cdot (T_{\text{Innen,mittel}} - T_{\text{Außen,min}}) / (T_{\text{Innen,mittel}} - T_{\text{Außen,mittel}})$$

errechnet werden, wobei  $Q_{\text{Heiz,max}}$  für die maximale Heizarbeit,  $Q_{\text{Heiz,mittel}}$  für die mittlere Heizarbeit im Beobachtungszeitraum,  $T_{\text{Innen,mittel}}$  für die mittlere Innentemperatur im Beobachtungszeitraum,  $T_{\text{Außen,min}}$  für die minimale Außentemperatur und  $T_{\text{Außen,mittel}}$  für die zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes gemessene mittlere Außentemperatur im Beobachtungszeitraum steht.

Der Wärmeanschlusswert  $P$  kann dann anhand der Gleichung  $P = Q_{\text{Heiz,max}} / \tau$  ermittelt werden, wobei  $Q_{\text{Heiz,max}}$  für die maximale Heizarbeit und  $\tau$  für die Beobachtungsdauer steht.

Vorzugsweise beträgt die Beobachtungsdauer  $\tau$  24 Stunden oder ein ganzzahliges Vielfaches von 24 Stunden, so dass sowohl

typische unterschiedliche Außentemperaturen als auch verschiedene Betriebszustände wie insbesondere eine Nachtabsenkung mit berücksichtigt werden. Geeignet ist auch eine Beobachtungsdauer von 168 Stunden entsprechend einer Woche, so  
5 dass auch ein spezielles Verhalten an den Wochenenden mit erfasst werden kann.

Weist die Heizanlage eine Warmwasserversorgung auf, so kann zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes von der mittleren  
10 Heizarbeit ein der Heizarbeit für die Warmwasserversorgung entsprechender Korrekturwert subtrahiert und dieser Korrekturwert bei der maximalen Heizarbeit wieder addiert werden.

Die Innentemperatur des Gebäudes kann entweder auf einen bestimmten Wert festgesetzt (auf zum Beispiel 20°C) oder gemessen und gemittelt werden.  
15

Kommt die Außentemperatur in den Bereich der Innentemperatur, so muss wenig oder keine Heizleistung aufgebracht werden und  
20 es kann demnach keine sinnvolle Messung des Wärmeanschlusswertes erfolgen.

Zur Berechnung des Wärmeanschlusswertes wird der aktuelle Brennstofffluss über der Zeit ermittelt bzw. gemessen.  
25

Dabei kann die Brennstoffarbeit anhand der Gleichung  $Q_{Br,ist} = H_U \cdot V_{BG}$  errechnet werden, wobei  $Q_{Br,ist}$  für die Brennstoffarbeit,  $H_U$  für einen vom Brennstoff abhängigen Heizwert und  $V_{BG}$  für den Brennstofffluss steht. Der Brennstofffluss kann dabei ohne  
30 Eingriff in das Heizungssystem ermittelt werden, indem beispielsweise von bereits vorhandenen Messeinrichtungen der aktuelle Verbrauch abgefragt wird.



Bevorzugt erfolgt die Messung von zumindest Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur sowie ggf. der Brennstoffarbeit (zum Beispiel über das Brenner-Zeit-Verhalten wie unten erläutert) synchron und diskret zu bestimmten Messzeitpunkten bzw. Messintervallen. Zu den einzelnen Messzeitpunkten bzw. Messintervallen, deren zeitliche Distanz (zum Beispiel im Sekundenbereich) wesentlich kleiner als der Beobachtungszeitraum (zum Beispiel im Tagbereich) ist, werden jeweils Messdatensätze erhalten, die leicht weiterverarbeitet und insbesondere leicht zwischengespeichert werden können. So kann beispielsweise die Integration diskret als einfache Summation ausgeführt werden.

Ist darüber hinaus, wie üblich, die Heizanlage getaktet, so kann aus dem zeitlichen Verlauf und/oder den aktuellen Werten von Abgaskonzentrationsparameter und/oder Abgastemperatur hergeleitet werden, ob die Heizanlage aktuell in Betrieb ist oder nicht. Somit kann durch spezielle Auswertung ohnehin vorhandener Messdaten die Betriebszeit der Heizungsanlage ermittelt werden. Auch die Umschaltung zwischen einzelnen Stufen kann dabei über die Änderungen und/oder das Über- oder Unterschreiten von absoluten Grenzwerten ausgewertet werden.

Für den Fall, dass die Heizanlage zwei oder mehr Brennstufen mit unterschiedlichen Brennstoffleistungen aufweist, kann aus dem zeitlichen Verlauf und/oder den aktuellen Werten von Abgaskonzentrationsparameter und/oder Abgastemperatur hergeleitet werden, welche der mindestens zwei Brennstufen aktuell im Betrieb ist und welche Brennstoffleistung damit beim Bestimmen des Wärmeanschlusswertes aktuell anzuwenden ist. Die Detektion, welche Brennstufe tatsächlich in Betrieb ist, kann zum Beispiel anhand des Anstieges von Abgaskonzentrationsparameter und/oder Abgastemperatur hergeleitet werden oder aber



alternativ bzw. zusätzlich anhand von Absolutwerten, die bestimmte Schwellen überschreiten.

Eine erfindungsgemäße Anordnung umfasst zumindest eine Messeinrichtung zum Messen von zumindest Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur, Außentemperatur und Ermitteln bzw. Messen der Brennstoffleistung jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum. Weiterhin ist eine Auswerteeinrichtung vorgesehen, die sämtliche oben angeführten Auswertungen und Berechnungen durchführt. Messeinrichtung und Auswerteeinrichtung können dabei in ein einziges Gerät eingebaut werden, werden aber zweckmäßigerweise zwei- oder mehrteilig ausgeführt nämlich mit mindestens einer mobilen Messeinrichtung (Datenlogger), und einer beispielsweise stationären Auswerteeinrichtung. In diesem Fall werden die Daten vor Ort gesammelt und der Auswerteeinrichtung übergeben. In gleicher Weise ist jedoch auch eine Fernabfrage möglich, über die laufend, zu bestimmten Zeitpunkten oder am Ende des Beobachtungszeitraumes Daten übertragen werden. Die Datenübertragung kann dabei drahtlos oder drahtgebunden über eine jeweilige Schnittstelle erfolgen. Schließlich ist es auch möglich, eine Auswerteeinrichtung mit mehreren Messeinrichtungen zum Messen mehrerer Gebäude zu betreiben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Anordnung zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes eines durch eine Heizanlage beheizten Gebäudes,

Figur 2 den Zusammenhang zwischen der aktuellen Temperatur und der aktuellen Heizleistung einerseits und der minimalen Temperatur und der maximalen Heizleistung andererseits und

5

Figur 3 ein Beispiel für einen erfindungsgemäßen Verfahrensablauf

10

Bei der Anordnung nach Figur 1 ist in einem Gebäude 1 eine Heizanlage 2 mit einem Kessel 3 (mit nicht näher dargestelltem Brenner) zum Beheizen des Gebäudes 1 untergebracht, wobei die Heizanlage mit fossilem Brennstoff 6 wie Öl oder Gas oder nachwachsenden Brennstoffen wie Pellets befeuert wird. Die im Brennstoff 6 enthaltene Brennstoffleistung  $P_{F,ist}$  wird in eine Nutzleistung  $P_{Nutz,ist}$  umgewandelt, wobei die Heizanlage einen Wirkungsgrad  $\eta_K$  aufweist, so dass die von der Heizanlage erzeugte Nutzleistung  $P_{Nutz,ist}$  gleich dem Produkt aus dem Wirkungsgrad  $\eta_K$  und der Brennstoffleistung  $P_{F,ist}$  ist. Dem Gebäude 1 wird darüber hinaus Verlustleistung  $P_{Verlust,ist}$  beispielsweise durch Transmissions- und Lüftungsverluste etc. entzogen, erhält aber auch beispielsweise durch Sonnenstrahlung, elektrische Verbraucher im Gebäude etc. einen zusätzlichen internen und/oder externen Leistungsgewinn  $P_{Gewinn,ist}$ .

20

25 Der Wärmebedarf ergibt sich aus der Summe von Heizungswärme und Brauchwasserwärme. Für die Beurteilung von Anlagen mit erheblichen Brauchwasserbedarf (zum Beispiel öffentliche Bäder, Produktionsanlagen mit technologischer Wärmeabnahme usw.) muss der Brauchwasserbedarf separat bewertet werden.

30

Zunächst wird davon ausgegangen, dass der Kessel 3 innerhalb eines Beobachtungszeitraumes (zum Beispiel 24 Stunden) eine Wärmearbeit erzeugt, die sich aus Nutzleistung und Brenner-

laufzeit zusammensetzt. Die erzeugte Wärmearbeit ist mit der im gleichen Zeitraum auftretenden, beispielsweise von der Außen- und Innentemperatur abhängigen Wärmeverlustarbeit identisch. Dabei wird erfindungsgemäß berücksichtigt, dass der Kessel der Heizanlage während der Betriebszeiten des Brenners nicht mit konstantem Wirkungsgrad betrieben wird.

Eine erfindungsgemäße Datenerhebung und -auswertung lässt erkennen, wie oft der Kessel "taktet" und ob für den Kessel während der einzelnen Arbeitstakte ein annähernd stationärer Zustand erreicht wird. Mit den so ermittelten Daten lässt sich mit einer durch das Verfahren bedingten, von der Außentemperatur abhängigen, geringen Unsicherheit der Wärmeanschlusswert der Wärmeabnehmer bestimmen, wenn der Heizkessel im regulären Heizbetrieb arbeitet. Voraussetzung dafür ist während des Beobachtungszeitraumes ein Betrieb der Anlage, der dem normalen Nutzungsverhalten entspricht. Eine erfindungsgemäße Messvorrichtung misst dabei in dichter zeitlicher Abfolge (zum Beispiel in zehn Sekunden Intervallen, oder Abstand) die nachfolgend dargelegten Parameter innerhalb des Beobachtungszeitraumes (von beispielsweise 24 Stunden oder einem Mehrfachen davon).

Die Messeinrichtung 4 kann beispielsweise mittels entsprechender Sensoren 10, 11, 12, 13 die Abgastemperatur, die Sauerstoffkonzentration (oder alternativ die CO<sub>2</sub>-Konzentration) im Abgas, die Außentemperatur und die Innentemperatur (Raumtemperatur in einem Referenz-Raum) ermitteln. Der aktuell ermittelte Messwert wird in einem Speicher 9 gespeichert und sofort oder später in die Auswerteeinheit 5 übernommen. Zu jeder Datenabfrage werden beim Ausführungsbeispiel sekunden-genau Datum und Uhrzeit (Echtzeit) mittels einer Zeitnahme-einrichtung 8 registriert.

Nachdem die Daten durch die Messeinrichtung 4 erfasst wurden, werden sie beispielsweise nach Ablauf der Beobachtungszeit  $\tau$  an eine Datenauswerteeinrichtung 5 drahtlos übermittelt. Die Messeinrichtung 4 wird über eine Schnittstelle 14, beispielsweise eine Infrarotschnittstelle, eine Funkschnittstelle oder eine drahtgebundene Schnittstelle mit der Datenauswerteeinrichtung 5 gekoppelt, um Daten von der Messeinrichtung 4 zur Datenauswerteeinrichtung 5 zu übertragen. Alternativ kann die Messeinrichtung 4, die zumindest dann mit einem Speicher 9 versehen ist, oder nur der Speicher 9 selbst vom Messort entfernt werden und an einen anderen Ort gebracht werden, an dem sich die Datenauswerteeinrichtung 5 befindet. Daneben ist es auch möglich die einzelnen Messwerte mit mehreren, beispielsweise jeweils einer Messeinrichtung zu erfassen. Es können sich aber auch Messeinrichtung 4 und die Datenauswerteeinrichtung 5 an einem Ort und insbesondere in einem Gerät befinden.

Zur Datenauswertung wird vorzugsweise auch die tägliche Brennerlaufzeit aus der Datenaufzeichnung durch Summieren der Arbeitstaktzeiten ermittelt. Während der Datenauswertung wird für den Beobachtungszeitraum  $\tau$  gezählt, wie oft der Kessel 3 startet und wie groß die Summe der Brennerlaufzeiten ist. Dazu können entweder die Einschaltzeiten der entsprechenden Magnetventile in der Heizungsanlage oder bevorzugt die Zeiten von niedrigen Sauerstoffkonzentrationen (bzw. hohen  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen) während des Brennerbetriebes ausgewertet werden. Entsprechend wird auch bei mehrstufigen Brennern vorgegangen, wobei, dann zusätzlich noch zwischen den einzelnen Brennerstufen unterschieden wird. Mehrstufige Brenner bei Heizanlagen werden entweder durch verschieden große Düsen bei gleichem Druck oder durch eine Düse mit verschiedenen Betriebsdrücken erreicht.

Die Erkennung der Brennerlaufzeit kann entweder durch Abfragen eines Magnetsignals bei der Heizanlage 2 oder wiederum durch die Sauerstoffmessung bzw. Kohlendioxidmessung im Kamin  
5 7 folgen. Zudem können auch die Werte, die zusätzlich die Brennerstartphasen kennzeichnen, wie zum Beispiel CO, berücksichtigt werden.

10 Untersuchungen zufolge benötigt beispielsweise ein Brenner eines Ölheizkessels bei Kaltstart 15 bis 20 Minuten, um quasi-  
stationär zu laufen und die vom Hersteller garantierten Emissionswerte zu erreichen. Das äußert sich unter anderem in annähernd zeitlich konstanten Abgastemperaturen und konstant niedrigen Emissionswerten. Wird der Kessel mit kürzeren Takt-  
15 zeiten betrieben, dann befindet sich der Kessel in Betriebszuständen weit ab vom stationären Zustand und vom wärmetech-  
nischen Optimum. Mit Hilfe der vorliegenden Erfindung ist es nun möglich, unter Nutzung der nachfolgend noch beschriebenen Messdaten Überlegungen zum Verhältnis von unter konkreten  
20 Messbedingungen realen Wirkungsgrad über der Zeit zum unter stationären Bedingungen messbaren Wirkungsgrad zu gelangen.

Für ein Gebäude gilt ein näherungsweise linearer Zusammenhang zwischen der Wärmeverlustleistung  $P_{\text{Verlust}}$  und der Differenz  
25 zwischen Innen- und Außentemperatur  $T_{\text{Innen,ist}}$  bzw.  $T_{\text{Außen,ist}}$ , wenn nicht außergewöhnliche Witterungsbedingungen (z.B. Sturm) zu besonderen Wärmeverlusten führen. Es wird hier davon ausgegangen, dass sich das Gebäude statisch verhält. Starker Wind, Temperaturgefälle etc. führen zu einem dynami-  
30 schen Zustand, bei dem zum Beispiel auch das Speichervermögen des Gebäudes berücksichtigt werden muss. Der Wärmeanschlusswert  $P$  des Gebäudes entsprechend der maximal aufzuwendenden Wärmearbeit  $Q_{d,\text{max}}$  bei minimaler Außentemperatur  $t_{\text{Außen,min}}$  lässt



sich dann entsprechend Figur 2 aus der durch das erfindungs-  
gemäße Messverfahren ermittelten Wärmearbeit  $Q_{d,ist}$  bei  $T_{au-}$   
 $t_{ben,ist}$  für eine minimale (statistische) Außentemperatur für  
den Standort der Anlage berechnen. Es sind somit Aussagen zum  
5 Wärmebedarf der Anlage für unterschiedliche minimale Außen-  
temperaturen  $t_{außen,min}$  wie zum Beispiel  $-10^{\circ}C$ ,  $-15^{\circ}C$ ,  $-20^{\circ}C$   
möglich. Darüber hinaus kann auch die für die Warmwasserver-  
sorgung benötigte Wärmearbeit  $Q_{w,ist}$  mit berücksichtigt wer-  
den.

10

Der ermittelte Anschlusswert  $P$  ist genauer, wenn eine gewisse  
statistische Absicherung des Ergebnisses (z.B. durch eine  
dreimalige Wiederholung der Messung unter unveränderten Be-  
triebsbedingungen) vorgenommen wird.

15

Die rechnerische Ermittlung des Anschlusswertes ist nur dann  
möglich, wenn sich die Anlage auch tatsächlich im Heizbetrieb  
befindet.

Wie bereits oben dargelegt muss unter bestimmten Bedingungen  
20 eine Berücksichtigung der Warmwasserbereitung erfolgen. Es  
ist dabei zu berücksichtigen, dass vor allem bei höheren Au-  
ßentemperaturen der Kessel nicht im Dauerbetrieb läuft, son-  
dern "nur" Warmwasserbereitung erfolgt, so dass für jeden La-  
devorgang des Warmwasserpeichers auch der Kesselinhalt mit  
25 aufgeheizt werden muss. Die zur Warmwasserbereitung erforder-  
liche Energie ist in der Regel nicht von der Außentemperatur  
abhängig. Die Heizwärmearbeit ist hingegen von der Außentem-  
peratur abhängig.

30 Erfindungsgemäß wird das in Figur 3 dargelegte grundlegende  
Verfahren angewandt, wobei die Reihenfolge in gewissen Gren-  
zen variabel ist. Zunächst wird die Brennstoffleistung ermit-  
telt beispielsweise durch Verknüpfen des maximal möglichen



Brennstoffflusses mit den Einschaltstufen-Zeit-Verhalten bzw. dem Brennerstufen-Zeit-Verhalten oder durch Bestimmen der im Beobachtungszeitraum durchgesetzten Brennstoffmenge und so weiter. Danach werden Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur, Verbrennungslufttemperatur, Außentemperatur und ggf. Innentemperatur jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum gemessen. Danach wird der Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit aus Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur, Verbrennungslufttemperatur (z. B. Raumtemperatur oder der Außentemperatur) und Brennstoffleistung jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum sowie die mittlere Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum ermittelt. Es folgt das Ermitteln einer bei der mittleren Außentemperatur erzeugten mittleren Heizarbeit aus der Brennstoffleistung über der Zeit und dem Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum. Danach erfolgt dann die Berechnung einer bei einer minimalen Außentemperatur zu erzeugenden maximalen Heizarbeit aus der mittleren Heizarbeit, der minimalen Außentemperatur, einer mittleren Innentemperatur und der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum.

Für die energetische Bewertung einer Heizungsanlage ist entscheidend, wie viel von dem in die Anlage eingespeisten Brennstoff (Aufwand) in Heizwärme (Nutzen) umgewandelt wird, wobei bei den erforderlichen Berechnungen insbesondere auf die physikalischen Größen Leistung und Arbeit abgestellt wird. Energietechnische Prozesse laufen meistens instationär, dynamisch und kaum stationär, statisch ab.

Zur Erfassung der momentanen Betriebssituation eines Kessels im stationären Fall wird vorzugsweise die Leistung  $P$  als physikalische Größe herangezogen. Wenn Leistungen als Aufwand-Nutzen-Verhältnis miteinander verglichen werden, spricht man

vom Wirkungsgrad  $\eta_k$ . Für die Beschreibung instationärer Situationen wird vorzugsweise die physikalische Größe Arbeit  $Q$  verwendet. Wenn Arbeiten als Aufwand-Nutzen-Verhältnis miteinander verglichen werden, spricht man vom Nutzungsgrad  $\eta_N$ .

5 Dabei gilt  $\eta_N \leq \eta_k$ .

Arbeit ist eine über einen bestimmten Zeitraum andauernde Leistung. Für den stationären Sonderfall zeitlich konstanter Leistung  $P$  berechnet sich die Wärmearbeit  $Q$  als Leistung  $P$  mal Zeit  $t$ :

$$Q = P \cdot t$$

Da die Bedingung zeitlich konstanter Leistung an technischen Anlagen nur selten erfüllt ist, muss die Arbeit berechnet werden gemäß

$$Q = \int P(t) \cdot dt$$

20 oder für die Durchführung praktischer Messaufgaben diskret aufbereitet

$$Q = \sum P(t) \cdot \Delta t$$

25 mit  $\Delta t$  als Messintervall, d. h. entweder zeitlicher Abstand diskreter Messpunkte oder Zeitraum über den unter Mittelwertbildung gemessen wird.

Für die Berechnung einer mittleren Leistung  $P_{n, \text{mittel}}(t_n)$  in einem Zeitabschnitt  $\Delta t_n$  aus der Arbeit  $Q_n(\Delta t_n)$  in diesem Zeitabschnitt  $\Delta t_n$  gilt:

$$P(t)_{\text{mittel}} = Q_n(\Delta t_n) / \Delta t_n \quad \text{mit } n = 1, 2, \dots$$

Im Ansatz wird die Kesselanlage in Beziehung zum Gebäude betrachtet. Die Wärmebilanz des Gebäudes wird durch die durch Nutzer, Gebäudehülle und klimatische Bedingungen beeinflussten Transmissions- und Lüftungsverluste, interne und externe Wärmegewinne, sowie die durch die Heizung zugeführte Wärme bestimmt.

Externe Wärmegewinne werden direkt oder indirekt vor allem durch Sonneneinstrahlung bewirkt. Interne Wärmegewinne sind z.B. weitere Wärmequellen wie etwa ein eventuell innen liegender Schornstein, elektrische Verbraucher und/oder sich im Heizsystem befindende Pumpen, deren elektrische Energie in Wärme umgewandelt wird, zu berücksichtigen. Die Kesselanlage wandelt die Brennstoffenergie in Wärme um, die über ein Medium im Gebäude verteilt und an die Raumluft übertragen wird. Die nicht übertragene Wärme verbleibt im Medium.

Der Gesamtwärmebedarf des Gebäudes in einem definierten Zeitraum entspricht demnach der Heizarbeit, die der Kessel als Nutzarbeit zum Ausgleich der Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung in diesem Zeitraum zu erbringen hat. Dabei ist die Nutzarbeit des Kessels die Wärmemenge, die in das Heizungssystem übertragen wird. Sie ist geringer als die Arbeit, die über den Brennstoff in den Kessel eingespeist wird. Bei der Umwandlung der Brennstoffenergie in Wärme treten Verluste auf, die durch den Nutzungsgrad  $\eta_N$  berücksichtigt werden können.

Die Tagesarbeit  $Q_d$  für beispielsweise einen Tag bzw. 24 h sind demnach die Summe der Arbeit für den Ausgleich der Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung  $Q_{dh}$  und der Arbeit für die Warmwasserbereitung  $Q_{dw}$  an einem Tag.

$$Q_d = Q_{dh} + Q_{dw}$$

wobei  $Q_{dw}$  als konstant vorausgesetzt wird.  $Q_{dh}$  ändert sich  
5 entsprechend der jahreszeitlich bedingten Veränderung der Außentemperatur, so dass hier eine Variable  $Q_{dhv}$  eingeführt wird.

Bei der Darstellung des Berechnungsganges wird von einem Normalnutzungszustand des Gebäudes und quasistationären Bedingungen ausgegangen. Das bedeutet, dass die Nutzer des Gebäudes sich im Beobachtungszeitraum wie immer verhalten. Das betrifft die Innentemperaturen, den Luftwechsel, den Warmwasserverbrauch und die internen Wärmegewinne. Quasistationäre  
10 klimatische Bedingungen bedeuten, dass keine extremen externen Wärmegewinne, Temperaturschwankungen oder Windstärken auftreten. Im nichtstationären Zustand können die dynamischen Einflussgrößen wie innere bzw. solare Wärmequellen, meteorologisch bedingte stark schwankende Temperatur-, Wind- und  
15 Feuchtigkeitseinflüsse sowie die daraus resultierenden Speichereffekte des Gebäudes nicht mehr vernachlässigt werden.

Für die Berechnung des Wärmeanschlusswertes mit dem erfindungsgemäßen System kann pauschal beispielsweise ein Aufschlag von 15% in den Berechnungsgang für die Warmwasserversorgung vorgesehen werden. Da dieser Aufschlag wie unten bei der Berücksichtigung der Warmwasserversorgung dargelegt  
25 reicht, um die Kapazität für die Warmwasserbereitstellung im Auslegungsfall der Normheizleistung zu sichern, wird zunächst auf die Berechnung der Warmwasserheizleistung im Einzelnen  
30 verzichtet.

Zur weiteren Einordnung des Wärmeanschlusswertes und zum Teil auch zur Ermittlung des Wärmeanschlusswertes selbst werden Daten der Gebäude- und Anlagenkonfiguration bestimmt, beispielsweise:

5

- Tiefstes Zweitagesmittel (zum Beispiel:  $-15^{\circ}\text{C}$  entnommen einer etwa nach Postleitzahlen geordneten Tabelle)

- Gebäudebezogene Daten wie Speicherverhalten, Nutzungsart, Lage (zum Beispiel: Mehrfamilienhaus, Hanglage, Niedrigenergiehaus)

10

- Standort der Heizanlage zur Berücksichtigung der Strahlungsverluste (zum Beispiel: Keller, innerhalb)
- Daten zum Wärmeerzeuger insbesondere Medium der Erzeugung und Übertragung (zum Beispiel: Heizöl extra leicht; Wasser oder Luft)

15

- Vorhandensein einer Wassererwärmung (zum Beispiel ja)
- Daten zum Brenner einschließlich Angaben zu dessen Leistung (zum Beispiel: 120 KW, Heizöl extra leicht, ohne Vorwärmung)

20

- Daten zur Luftzuführung des Brenners (zum Beispiel: Raumluft)
- Daten zum Energieträger (zum Beispiel: Heizöl extra leicht)

25

- Daten zu den Brennerstufen (zum Beispiel: Anzahl 2, Düsengröße 2,0 gph, Drücke: 11 und 22 bar bzw. 8 kg/h und 11 kg/h)

30

Zur synchronen und diskreten automatischen Datenerfassung werden die Messfühler angelegt und bei beispielsweise Abtastzeitpunkten im 10 sec-Zeittakt über einen Beobachtungszeitraum von 24 h werden folgende Werte gemessen:

	Temperatur Abgas	$T_{\text{Abgas}}$
	Konzentration $\text{O}_2$ (oder $\text{CO}_2$ )	$K_{\text{O}_2}$
	Konzentration $\text{CO}$ (optional)	$\text{CO}$
	Temperatur Verbrennungsluft	$T_{\text{Luft}}$
5	Temperatur Außen	$T_{\text{außen, ist}}$
	Temperatur Innen	$T_{\text{innen}}$

Sämtliche erhobenen und gemessenen Daten werden zur Auswerteeinheit übermittelt, wobei jegliche Art der Datenübermittlung möglich ist. Es folgt dann die eigentliche Berechnung über den Beobachtungszeitraum (zum Beispiel 24 h). Als Berechnungsgrößen dienen dabei:

	Tagesarbeit, Wärmearbeit in das Gebäude aufgewendet	$Q_{\text{d, ist}}$
15	Tagesarbeit bei Auslegungstemperatur	$Q_{\text{d, max}}$
	aktuelle Nutzleistung des Brenners	$P_{\text{h, ist}}$
	Gebäudeanschlusswert	$P$

Die Berechnung selbst erfolgt dabei wie nachfolgend näher erläutert.

Zunächst wird bei synchron und diskret bestimmten Abtastzeitpunkten (zum Beispiel 8640 innerhalb von 24 h) auf der Grundlage der ermittelten Brennstoffleistungen der einzelnen Brennerstufen  $P_{\text{br},1,2}$ , der Abgastemperatur  $T_{\text{Abgas}}$ , der Sauerstoffkonzentration  $\text{O}_2$  (und/oder Kohlendioxidkonzentration  $\text{CO}_2$ ), gegebenenfalls der Kohlenmonoxidkonzentration  $\text{CO}$ , der Verbrennungslufttemperatur  $T_{\text{Luft}}$ , gegebenenfalls der Vorlauftemperatur  $T_{\text{Vorlauf, ist}}$  und gegebenenfalls der Rücklauftemperatur  $T_{\text{Rücklauf, ist}}$  die Tagesarbeit  $Q_{\text{d, ist}}$  berechnet.



Die Tagesarbeit für Brauchwassererwärmung  $Q_w$  wird beispielsweise mit 15% von  $Q_{d,max}$  festgelegt, wird aber im dargestellten Berechnungsgang zunächst der Einfachheit halber auf „0“ gesetzt und zum Ende des Berechnungsganges durch einen Aufschlag von beispielsweise 15% berücksichtigt (siehe unten bei der Berücksichtigung der Warmwasserversorgung).

Die Innentemperatur  $T_{innen,ist}$  und die Außentemperatur  $T_{außen,ist}$  werden aus den synchron und diskret bestimmten Abtastzeitpunkten gemittelt. Die Brennstoffleistung wird beispielsweise aus dem Zeitverlauf der Schaltzustände der Heizanlage (aus, erste Stufe ein, zweite Stufe ein) und den jeweiligen Durchflussmengen für erste und zweite Stufe (bekannt, ermittelt oder gemessen) errechnet.

15

Für den Fall der Berechnung von  $Q_{d,ist}$  gilt im Falle einer Außentemperatur  $T_{außen,ist} > T_{außen,min}$ , dass die erforderliche Heizarbeit  $Q_{d,ist}$  kleiner als die maximale Heizarbeit  $Q_{d,max}$  ist

20  $Q_{d,ist} < Q_{d,max}$

bzw. die Leistungsanforderung (Heizleistung)  $P_{h,ist}$  kleiner als die maximale Leistungsanforderung  $P$  ist

25  $P_{h,ist} < P$

wobei  $T_{außen,min}$  für die jeweilige Ortslage als tiefstes Zweitagesmittel definiert ist.

30 Für den Fall der Berechnung von  $Q_{d,ist}$  über die vom Kessel entnommenen Daten gilt:

Im Falle der Situation  $T_{\text{innen,ist}} > T_{\text{außen,min}}$  tritt ein ständiger Wärmeverlust des Gebäudes auf, der durch die Zufuhr von Wärme durch den Kessel über die Heizung ausgeglichen werden muss. Im Falle des stationären Zustandes ist diese Wärmeverlustleistung kontinuierlich.

Wenn  $T_{\text{außen,ist}} = T_{\text{außen,min}}$ , dann erfolgt im Falle der richtigen Anpassung des Kessels an den Gebäudeanschlusswert eine kontinuierliche Einspeisung von Wärme. Der Kessel arbeitet ständig ohne abzuschalten im Nennlastbetrieb.

Wenn  $T_{\text{außen,ist}} > T_{\text{außen,min}}$  ist, sinkt die Wärmeverlustarbeit des Gebäudes. Der Kessel müsste dazu seine Leistung adäquat herunterregeln, bzw. modulieren. Dies ist jedoch nur bei neueren richtig ausgelegten und eingeregelter Anlagen in Grenzen möglich.

Ansonsten führt dieser Zustand zu einem intermittierenden Verhalten des Kessels. Während die Wärmeverlustarbeit des Gebäudes kontinuierlich abgegeben wird, kann der Brenner der verminderten Leistungsanforderung nur entsprechen, wenn er diskontinuierlich, zeitweilig arbeitet, taktet bzw. intermittiert. Damit ist die Brennerlaufzeit über einen Tag hinweg kleiner als 24h.

Die Heizarbeit des Kessels  $Q_{d,ist}$  in der Messperiode ist das Produkt aus Heizleistung  $P_{h,ist}$  und der Brennertaktlaufzeit  $t_{Br}$ .

$$Q_{d,ist} = t_{Br} \cdot P_{h,ist}$$

$t_{Br}$  wird ermittelt, indem aus den unterschiedlichen Konzentrationen von  $O_2$  (oder  $CO_2$ ) im Abgas auf den Zustand „Brenner

an" ( $O_2 \ll 21\%$ ) oder „Brenner aus" ( $O_2 \rightarrow 21\%$ ) geschlossen wird. Insbesondere bei modulierenden Brennern kann zusätzlich oder alternativ der zeitliche Verlauf der Abgastemperatur berücksichtigt werden, um die Leistungsabsenkung zu ermitteln.

5

Aus den unterschiedlichen Abgastemperaturen und  $O_2$ - bzw.  $CO_2$ -Konzentrationen wird nach dem vorbereitenden Berechnungsgang auf die einzelnen Laststufen geschlossen, so dass für den taktenden Brenner der Zustand „Brenner an in Laststufe

10

$P_{h,ist,stufe}$  bestimmt werden kann.

Für den intermittierenden Kessel ergibt sich unter der Annahme eines konstanten Wirkungsgrades  $\eta_k$  im Falle des quasistationären Betriebs und der bekannten bzw. ermittelten Brennstoffleistung  $P_{Br}$

15

$$P_{h,ist,stat} = P_{Br} \cdot \eta_k$$

Für den Fall der Arbeit in verschiedenen Laststufen ergibt sich:

20

$$Q_{d,ist} = t_{Br,1} \cdot P_{h,ist,1} + t_{Br,2} \cdot P_{h,ist,2} + \dots + t_{Br,n} \cdot P_{h,ist,n}$$

Hierbei ist jedoch folgendes zu berücksichtigen:

25

Der Kessel arbeitet in unterschiedlichen Lastzuständen mit unterschiedlichen Wirkungsgraden. Weiterhin sind die Brennerstarts in der Anfangsphase durch niedrige Wirkungsgrade gekennzeichnet, sowie bei stillstandsbedingten und sicherheitsbedingten Kessellüftungsphasen Bereitschaftsverluste durch ausströmendes Abgas zu verzeichnen.

30

Weiterhin sind Strahlungsverluste einzubeziehen, wenn sich der Kessel nicht innerhalb des Gebäudes befindet, bzw. zusätzliche Wärmegewinne, wenn der Schornstein innerhalb des Gebäudes positioniert ist. Die Heizarbeit des Kessels ergibt sich als Brennstoffarbeit  $Q_{Br}$  vermindert um alle auftretenden Verlustarbeiten. Bei unvollständiger Verbrennung erniedrigt sich der Wirkungsgrad, was sich an einem erhöhten CO- bzw HC-Gehalt zeigt. Daraus wird der Nutzungsgrad  $\eta_N$  definiert. Die korrekte Berechnung von  $\eta_N$  erfordert weitere Berechnungsschritte.

Dabei gilt:

$$Q_{d,ist} = Q_{Br} \cdot \eta_N \quad \text{bzw.}$$

$$Q_{d,ist} = Q_{Br} - Q_{Verlust}$$

Dies wird im vorliegenden beispielhaft dargelegten Verfahren nicht berücksichtigt, kann aber ebenfalls mit einbezogen werden.

Gemäß erster deutscher Bundesimmissionsschutzverordnung (1. BImSchV) kann  $q_{Abg}$  nach folgender Näherung berechnet werden, wobei  $T_{Abg}$  für die Abgastemperatur,  $T_{Luft}$  für die Verbrennungslufttemperatur,  $K_{O_2}$  für Sauerstoffkonzentration steht und  $KoeffA_2$ ,  $KoeffB$  vom jeweiligen Brennstoff abhängige, entsprechenden Tabellen entnehmbare Koeffizienten sind:

$$q_{Abg} = (T_{Abg} - T_{Luft}) \cdot ((KoeffA_2 / (21 - K_{O_2}) + KoeffB) / 100)$$

$$\eta_k = 1 - (T_{Abg} - T_{Luft}) \cdot ((KoeffA_2 / (21 - K_{O_2}) + KoeffB) / 100)$$

Somit ergibt sich für die gesamte Brennerlaufzeit im quasi-stationären Bereich:

$$Q_{d,stat} = t_{Br} \cdot P_{Br} \cdot (1 - (T_{Abg} - T_{Luft}) \cdot ((KoeffA_2 / (21 - K_{O_2}) + KoeffB) / 100))$$

5

Aus der Tagesarbeit im Beobachtungszeitraum  $Q_{d,ist}$  wird die maximale Tagesarbeit für den Auslegungspunkt  $Q_{d,max}$  bestimmt. Nach DIN 4701 ist die Heizungsanlage so zu dimensionieren, dass bei der Auslegungstemperatur (tiefstes Zweitagesmittel) die zugeführte Wärme gleich den Wärmeverlusten (Transmission und Lüftung) ist. Hinzu kommt ein Sockelbetrag für Warmwasser. Diese Situation wird weiter durch die Windbelastung, externe und interne Wärmequellen, das Nutzerverhalten z.B. durch die individuelle Festlegung der Innentemperatur, des Luftwechsels und des Warmwasserverbrauchs sowie das Speicher-  
vermögen des Gebäudes beeinflusst.

10

15

20

Bei dieser Betrachtung wird der Sockelbetrag für Brauchwassererwärmung mit beispielsweise 15% des Heizungsbedarfs vereinfacht angesetzt und in der weiteren Berechnung nicht erfasst. Weitere Einflüsse werden vernachlässigt. Es kann jedoch auch eine gesonderte Warmwassermessung oder Produktionswärmemessung erfolgen.

25

30

Im Fall des Vorherrschens der Auslegungstemperatur ist die Verlustleistung gleich der aufzubringenden Nutzwärmeleistung bzw. innerhalb von 24h die Tagesverlustarbeit gleich der Nutzwärmearbeit. In diesem Fall läuft der Kessel kontinuierlich mit Nennlast. Die Brennstoffleistung wird um den Wirkungsgrad vermindert in Wärmeleistung umgewandelt.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren und ein System zur Verfügung gestellt, um auch bei höheren Außentemperaturen als der

Auslegungstemperatur innerhalb des Beobachtungszeitraumes (zum Beispiel 24h) die notwendige Kesselleistung zu bestimmen. Dafür gilt: Bei Vorherrschen der Auslegungstemperatur ist die maximale Leistung bzw. die maximale Tagesarbeit  $Q_{d,max}$  erforderlich, beim Zustand Innentemperatur gleich Außentemperatur ist die Heizleistung gleich null.

Es ergibt sich gemäß Figur 2 ein linearer Zusammenhang, wobei bei einer mittleren Außentemperatur  $T_{außen,ist}$  eine Wämearbeit  $Q_{d,ist}$  für einen Tag erforderlich ist. Die Tagesarbeit für die Brauchwassererwärmung  $Q_{dw}$  wird als konstant vorausgesetzt.

Mit der Bestimmung des Punktes  $(Q_{d,ist}; T_{außen,ist})$  kann mit dem Punkt  $(T_{innen,ist} = T_{außen,ist})$  der Punkt  $(Q_{d,max})$  bei  $T_{außen,min}$  bestimmt werden.

$$Q_{d,max} = Q_{d,ist} (T_{innen,ist} - T_{außen,min}) / (T_{innen,ist} - T_{außen,ist})$$

### Berechnungsschritt 3

Aus der maximalen Tagesarbeit  $Q_{d,max}$  wird der Gebäudeanschlusswert  $P$  wie folgt bestimmt: Der Gebäudeanschlusswert entspricht der maximalen Heizleistung, die erforderlich ist, um bei der dem tiefsten Zweitagesmittel entsprechenden Außentemperatur und der ortsüblichen durchschnittlichen Windstärke im Gebäude die gewünschte Innentemperatur und die gewünschte Brauchwarmwassermenge zu halten und damit die Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste und Verluste durch das abfließende Brauchwarmwasser auszugleichen.

Der Gebäudeanschlusswert  $P$  als maximale Leistung wird aus der Tagesarbeit  $Q_{d,max}$  berechnet zu



$$P = Q_{d, \max} / 24$$

Die einzustellende Brennerleistung ist um den Wirkungsgrad und ggfs. eine Sicherheit zu erhöhen:

5

$$P_{Br} =$$

$$P \cdot 1 / (1 - (T_{Abgas} - T_{Luft}) \cdot ((KoeffA_2 / (21 - O_{2mess}) + KoeffB) / 100)) + \text{z.B. } 15\%$$

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes eines durch eine Heizanlage beheizten Gebäudes, wobei die Heizanlage Abgas erzeugend durch Brennstoff befeuert wird und beim Gebäude eine Außentemperatur sowie eine Innentemperatur auftritt, mit den Schritten:

Bestimmen der Brennstoffleistung, der Innentemperatur und der Verbrennungslufttemperatur jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum von bestimmter Beobachtungsdauer;

Messen von Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum;

Ermitteln des Wirkungsgrades der Heizanlage über der Zeit aus Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Verbrennungslufttemperatur jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum,

Ermitteln der mittleren Außentemperatur und der mittleren Innentemperatur in dem Beobachtungszeitraum aus der Außentemperatur und der Innentemperatur;

Ermitteln einer bei der mittleren Außentemperatur erzeugten mittleren Heizarbeit aus der Brennstoffleistung über der Zeit und dem Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum;

Ermitteln einer bei einer minimalen Außentemperatur zu erzeugenden maximalen Heizarbeit aus der mittleren Heizarbeit, der minimalen Außentemperatur, der mittleren Innentemperatur und der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum;

Ermitteln des Wärmeanschlusswertes der Heizungsanlage aus der maximalen Heizarbeit und der Beobachtungsdauer.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Abgaskonzentrationsparameter die Sauerstoffkonzentration im Abgas gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Abgaskonzentrationsparameter die Kohlenstoffdioxidkonzentration im Abgas gemessen und ausgewertet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Ermittlung des Wirkungsgrades  $\eta_k$  der Heizanlage anhand einer länderspezifischen Gleichung erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Ermittlung des Wirkungsgrades  $\eta_k$  der Heizanlage anhand der Gleichung

$$\eta_k = 1 - (\text{Koeff}_A / (21 - K_{O_2, \text{ist}}) + \text{Koeff}_B) \cdot (T_{\text{Abgas, ist}} - T_{V\text{Luft, ist}})$$

erfolgt, wobei  $K_{O_2, \text{ist}}$  für die aktuelle Sauerstoffkonzentration im Abgas,  $T_{\text{Abgas, ist}}$  für die aktuelle Abgastemperatur,  $T_{V\text{Luft, ist}}$  für die aktuelle Verbrennungslufttemperatur und  $\text{Koeff}_A$ ,  $\text{Koeff}_B$  für brennstoffabhängige die Brennstoffleistung charakterisierende Koeffizienten steht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem als Brennstoff Öl oder Gas bereitgestellt wird, der Koeffizient  $\text{Koeff}_A$  zwischen 0,63 und 0,68 gewählt wird und der Koeffizient  $\text{Koeff}_B$  zwischen 0,007 und 0,011 gewählt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei dem vom ermittelten Wirkungsgrad ein Korrekturwert abgezogen wird, der von dem Betriebsverhalten der Heizanlage sowie deren Installationsort und -art abhängig ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die mittlere Heizarbeit aus dem über den Beobachtungszeitraum

integrierten Produkt aus Brennstoffleistung über der Zeit und Wirkungsgrad über der Zeit ermittelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem zur Ermittlung der mittleren Heizarbeit der mittlere Wirkungsgrad in dem Beobachtungszeitraum und die mittlere Brennstoffleistung ermittelt werden, wobei dann mittlerer Wirkungsgrad und mittlere Brennstoffleistung miteinander sowie mit der Beobachtungsdauer multipliziert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die maximale Heizarbeit anhand der Gleichung

$$Q_{\text{Heiz,max}} = Q_{\text{Heiz,mittel}} (T_{\text{innen,mittel}} - T_{\text{außen,min}}) / (T_{\text{innen,mittel}} - T_{\text{außen,mittel}})$$
errechnet wird, wobei  $Q_{\text{Heiz,max}}$  für die maximale Heizarbeit,  $Q_{\text{Heiz,mittel}}$  für die mittlere Heizarbeit im Beobachtungszeitraum,  $T_{\text{innen,mittel}}$  für die mittlere Innentemperatur im Beobachtungszeitraum,  $T_{\text{außen,min}}$  für die minimale Außentemperatur und  $T_{\text{außen,mittel}}$  für die zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes gemessene mittlere Außentemperatur im Beobachtungszeitraum steht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Berechnung des Wärmeanschlusswertes  $P$  anhand der Gleichung

$$P = Q_{\text{Heiz,max}} / \tau$$
erfolgt, wobei  $Q_{\text{Heiz,max}}$  für die maximale Heizarbeit und  $\tau$  für die Beobachtungsdauer steht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Beobachtungsdauer 24 Stunden oder ein ganzzahliges Vielfaches von 24 Stunden beträgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Beobachtungsdauer 168 Stunden beträgt.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Heizanlage eine Brauchwarmwasserversorgung aufweist, wobei zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes von der mittleren Heizarbeit ein der Heizarbeit für die Brauchwarmwasserversorgung entsprechender Korrekturwert subtrahiert und dieser Korrekturwert bei der Berechnung der maximalen Heizarbeit wieder addiert wird.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Innentemperatur über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum gemessen wird, und zur Festlegung der Heizgrenze die Außentemperatur gleich der mittleren Innentemperatur in dem Beobachtungszeitraum gesetzt wird.

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der momentane Brennstofffluss gemessen wird und daraus die Brennstoffarbeit im Beobachtungszeitraum ermittelt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem die Ermittlung der Brennstoffarbeit entsprechend der Gleichung

$$Q_{Br,ist} = H_U V_{BG}$$

erfolgt, wobei  $Q_{Br,ist}$  für die Brennstoffarbeit,  $H_U$  für den vom Brennstoff abhängigen Heizwert und  $V_{BG}$  für den Brennstofffluss steht.

18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Messung von zumindest Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur synchron und diskret zu bestimmten Abtastzeitpunkten erfolgt.

19. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Heizanlage getaktet ist, wobei aus dem zeitlichen Verlauf und/oder den aktuellen Werten von Abgaskonzentrationsparameter und/oder Abgastemperatur hergeleitet wird, ob der Brenner aktuell in Betrieb ist oder nicht.

20. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem in dem Beobachtungszeitraum die Einschaltzeiten der Heizungsanlage mit der momentanen Brennstoffleistung zu der für den Beobachtungszeitraum resultierenden Brennstoffarbeit verknüpft werden.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, bei dem die Heizanlage mindestens zwei Brennstufen mit unterschiedlichen Brennstoffleistungen aufweist, wobei aus dem zeitlichen Verlauf und/oder den aktuellen Werten von Abgaskonzentrationsparameter und/oder Abgastemperatur hergeleitet wird, welche der mindestens zwei Brennstufen aktuell in Betrieb ist und welche Brennstoffleistung damit beim Bestimmen des Wärmeanschlusswertes aktuell anzuwenden ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, bei dem die unterschiedlichen Brennerstufen bei der Ermittlung der Brennstoffleistung berücksichtigt werden.

23. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 22, mit

einer Datenerfassungseinrichtung zum Erfassen von Brennstoffleistung, Innentemperatur und Verbrennungslufttemperatur jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum von bestimmter Beobachtungsdauer;

einer Messeinrichtung zum Messen von zumindest Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum; und



einer Auswerteeinrichtung zum Ermitteln des Wirkungsgrades der Heizanlage über der Zeit aus Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Verbrennungslufttemperatur jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum, zum Ermitteln der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum; zum Ermitteln einer bei der mittleren Außentemperatur erzeugten mittleren Heizarbeit aus der Brennstoffleistung über der Zeit und dem Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum; zum Ermitteln einer bei einer minimalen Außentemperatur zu erzeugenden maximalen Heizarbeit aus der mittleren Heizarbeit, einer minimalen Außentemperatur, einer mittleren Innentemperatur und der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum zum Ermitteln des Wärmeanschlusswertes der Heizungsanlage aus der maximalen Heizarbeit und der Beobachtungsdauer.

24. Anordnung nach Anspruch 23, bei der Messeinrichtung und Auswerteeinrichtung räumlich voneinander getrennt sind und jeweils eine Schnittstelle zur Datenübermittlung aufweisen.

25. Anordnung nach Anspruch 24, bei der die Messeinrichtung einen Speicher zu Zwischenspeichern von Messdaten besitzt.

26. Anordnung nach Anspruch 24 oder 25, bei der die Schnittstellen drahtlos arbeiten.

27. Anordnung nach Anspruch 23, 24, 25 oder 26, bei der mehrere Messeinrichtungen vorgesehen sind, die zur Auswerteeinrichtung Daten übermitteln. Diese Messeinrichtungen können über einen eigenen Datenspeicher verfügen, um die Daten separat zu erfassen und zwischenzuspeichern, damit diese später

in der Auswerteeinrichtung ggf. miteinander verknüpft werden können.

28. Anordnung nach einem der Ansprüche 23 bis 27, bei der die Messung von zumindest Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur und Außentemperatur synchron und diskret zu bestimmten Abtastzeitpunkten erfolgt.

## Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zum Bestimmen des Wärmeanschlusswertes eines Gebäudes,

Bei dem Verfahren und der Anordnung werden folgende Schritten durchgeführt: Messen bzw. Bestimmen von Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur, Außentemperatur, Brennstoffleistung jeweils über der Zeit in einem Beobachtungszeitraum von bestimmter Beobachtungsdauer; Ermitteln des Wirkungsgrades der Heizanlage über der Zeit aus Abgaskonzentrationsparameter, Abgastemperatur, Verbrennungslufttemperatur jeweils über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum; Ermitteln der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum; Ermitteln einer bei der mittleren Außentemperatur erzeugten mittleren Heizarbeit aus der Brennstoffleistung über der Zeit und dem Wirkungsgrad der Heizanlage über der Zeit in dem Beobachtungszeitraum; Ermitteln einer bei einer minimalen Außentemperatur zu erzeugenden maximalen Heizarbeit aus der mittleren Heizarbeit, einer minimalen Außentemperatur, einer mittleren Innentemperatur und der mittleren Außentemperatur in dem Beobachtungszeitraum; und Ermitteln des Wärmeanschlusswertes der Heizungsanlage aus der maximalen Heizarbeit und der Beobachtungsdauer.

Figur1

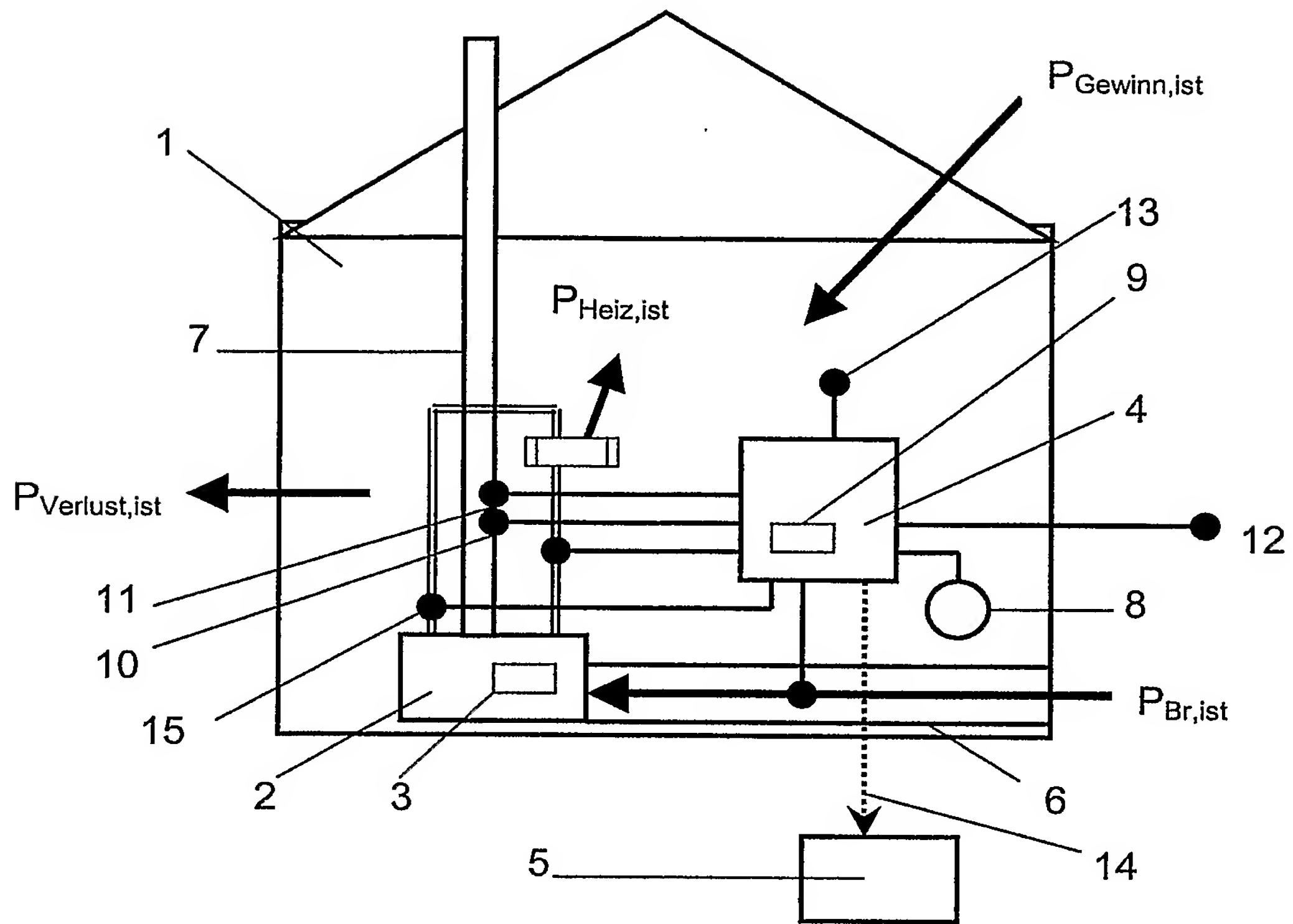


FIG 1

P

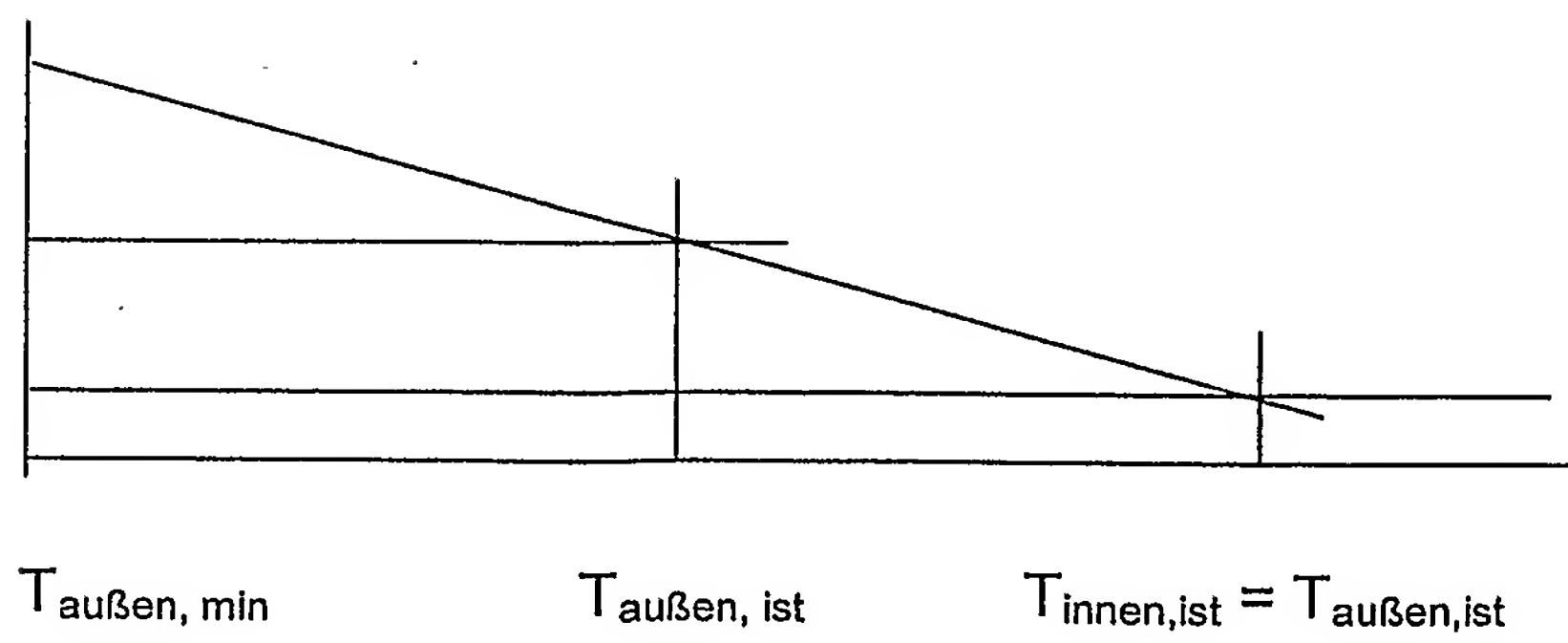
 $P_{\text{,ist}}$  $P_{\text{w,ist}}$ 

FIG 2

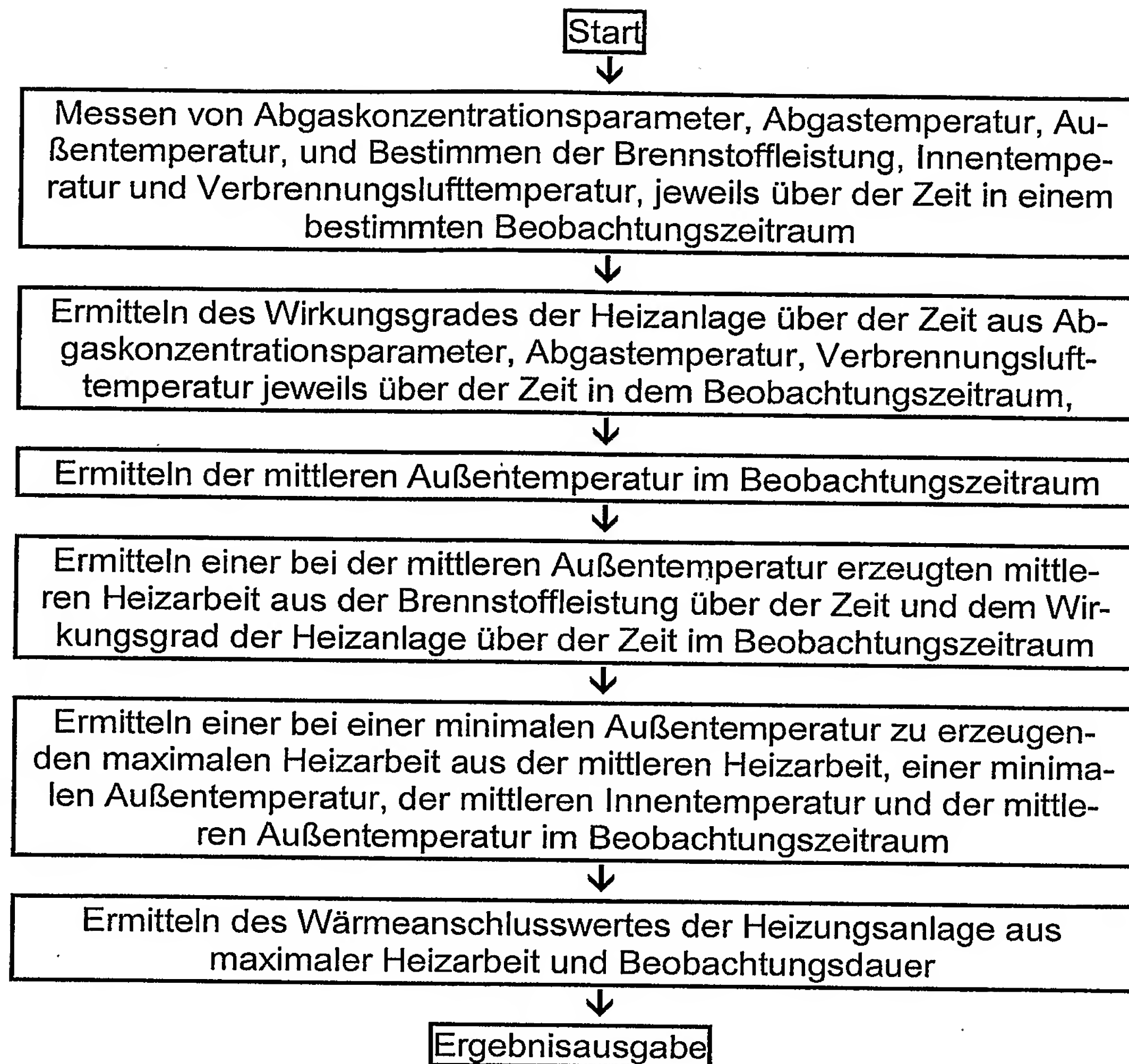


FIG 3